

Dispositif de mélange de deux fluides et utilisation
pour le refroidissement d'un fluide à très haute température

L'invention concerne un dispositif de mélange d'un premier fluide à une première température et d'un second fluide à une seconde température.

Dans le cas de certains processus industriels, il est nécessaire d'effectuer le mélange d'un premier et d'un second fluides dont les températures
5 peuvent être extrêmement différentes l'une de l'autre.

Par exemple dans le cas du traitement d'effluents organiques par oxydation dans de l'eau en conditions supercritiques, on obtient, à l'issue du traitement, un fluide résiduel constitué principalement par de l'eau à très haute température (par exemple 550°C environ) et à très haute pression.

10 Ce fluide doit être refroidi et dépressurisé et éventuellement traité, par exemple par neutralisation chimique pour pouvoir être rejeté ou éventuellement stocké dans des récipients ou réservoirs de recueil.

Le procédé connu d'oxydation hydrothermale d'effluents organiques en eau supercritique consiste à mettre les effluents en contact avec de l'eau
15 à très haute température et à très haute pression en présence d'oxygène, de manière à détruire les molécules organiques par des réactions généralement exothermiques qui élèvent la température et la pression de l'eau jusqu'à des niveaux supérieurs à ceux correspondants au point critique de l'eau (22,1 MPa et 374°C). L'eau en condition supercritique est un solvant extrê-
20 mement puissant qui permet de détruire les molécules organiques en une durée d'une seconde à une minute, suivant leur stabilité thermique.

On peut traiter par ce procédé en particulier des gaz chimiques, des désherbants, des boues de station d'épuration ou des rejets d'usine chimique ou des déchets nucléaires.

25 Dans tous les cas, les molécules d'effluents sont transformées en substances ne présentant pas de nocivité pour l'environnement, tel que le gaz carbonique CO₂, l'eau et l'azote moléculaire.

Dans le cas de substances de type organochloré, il se forme de l'acide chlorhydrique HCl qui peut être neutralisé par une injection d'une so-
30 lution de soude dans le fluide résiduel du traitement, la soude neutralisant l'acide chlorhydrique sous la forme du chlorure de sodium NaCl.

Dans le cas de procédés d'oxydation en eau supercritique qui ont été mis en œuvre, le fluide résiduel constitué en grande partie d'eau peut être à une température aussi élevée que 550°C et à une pression sensiblement supérieure à la pression critique de 22,1 MPa.

5 De telles conditions de pression et de température ne permettent pas d'utiliser des échangeurs de chaleur de type classique opérant un échange de chaleur entre deux fluides à travers une paroi, pour refroidir le fluide résiduel jusqu'à des conditions ambiantes. On peut généralement utiliser, dans un processus industriel, des échangeurs de chaleur permettant d'abaisser la
10 température de l'eau, depuis une température de l'ordre de 300°C, sensiblement inférieure à la température critique de l'eau, jusqu'à une température ambiante, par exemple 20°C.

Il reste nécessaire, dans le cas du traitement d'effluents organiques en eau supercritique, de disposer d'un procédé et de dispositifs permettant
15 de refroidir l'eau entre sa température de départ de l'ordre de 550°C et une température de l'ordre de 300°C.

Pour cela, on a proposé d'utiliser des échangeurs de chaleur de type coaxial dans lesquels le courant de fluide à très haute température circule à l'intérieur d'un tube central entouré par une chambre de refroidissement
20 coaxiale dans laquelle on fait circuler un débit d'eau à une température de l'ordre de 20°C. De tels échangeurs de chaleur doivent présenter une très grande longueur et nécessitent l'utilisation de matériaux réfractaires extrêmement coûteux, tels que le titane, pour constituer en particulier le tube de circulation du fluide résiduel à très haute température.

25 On a proposé également de réaliser un mélange du fluide résiduel à très haute température avec un fluide à une température sensiblement inférieure pouvant renfermer différents réactifs. Le fluide à haute température est introduit et mis en circulation à l'intérieur d'un conduit et le fluide de refroidissement et de traitement est injecté à l'intérieur du courant de fluide à
30 haute température, de manière que le mélange de fluides se fasse par circulation coaxiale du fluide à haute température et du fluide de refroidissement et de traitement, dans le même sens de circulation. Le mélange de fluides est récupéré à la sortie du conduit constituant une chambre de mélangeur.

Le fluide de refroidissement et de traitement est injecté à l'intérieur du conduit de circulation du fluide à haute température par un second conduit coaxial traversant la paroi du conduit de circulation du fluide à haute température. Le conduit d'injection de fluide de refroidissement et certaines parties du conduit de circulation du fluide à haute température subissent de très forts gradients thermiques dans leurs parois, de telle sorte qu'il est très difficile de concevoir des structures résistant à ces gradients. En outre, dans le cas où l'on refroidit un fluide constitué principalement d'eau à l'état supercritique, les parties des conduits en contact avec l'eau supercritique subissent une très forte corrosion, de sorte qu'il est nécessaire d'utiliser des matériaux résistants à la corrosion tels que le titane ou les alliages de nickel pour constituer ces parties des conduits.

Le but de l'invention est donc de proposer un dispositif de mélange d'un premier fluide à une première température et d'un second fluide à une seconde température, sous la forme de courants coaxiaux ayant un même sens de circulation, comportant une enveloppe tubulaire généralement cylindrique et ayant un axe sensiblement rectiligne, délimitant une chambre de mélangeur cylindrique coaxiale à l'enveloppe comprenant, à une première extrémité axiale, un premier élément de raccordement à des moyens d'alimentation en premier fluide et, à une seconde extrémité axiale opposée à la première, un second élément de raccordement à des moyens d'évacuation du mélange du premier et du second fluides et au moins un conduit de guidage de l'un au moins du premier et du second fluides, sensiblement rectiligne et disposé dans la chambre cylindrique dans une disposition coaxiale, ce dispositif permettant de réaliser le mélange des fluides dans de bonnes conditions, avec des gradients thermiques limités dans les différentes enveloppes et conduits tubulaires du dispositif.

Dans ce but, le dispositif comporte un troisième élément de raccordement de la chambre de mélangeur à des moyens d'alimentation en second fluide, dans une disposition intermédiaire dans la direction axiale entre le premier et le second éléments de raccordement et dans une direction transversale sensiblement perpendiculaire à la direction axiale et le conduit de guidage s'étend axialement dans la chambre de mélangeur entre le pre-

mier élément de raccordement et une zone de mélange de la chambre de mélangeur en aval du troisième élément de raccordement dans le sens allant du premier vers le second élément de raccordement et comporte une paroi tubulaire ayant au moins un espace interne annulaire d'isolation coaxial en communication avec une zone de la chambre de mélangeur, s'étendant substantiellement sur toute la longueur du conduit de guidage, le troisième élément de raccordement débouchant dans la chambre cylindrique en vis-à-vis d'une surface externe de la paroi du conduit de guidage.

Le dispositif suivant l'invention peut présenter, isolément ou en combinaison, les caractéristiques suivantes :

- le conduit de guidage comporte un premier conduit tubulaire s'étendant axialement dans la chambre de mélangeur depuis le premier élément de raccordement à une extrémité axiale de la chambre de mélangeur et un second conduit tubulaire ayant un diamètre intérieur supérieur au diamètre extérieur du premier conduit tubulaire disposé coaxialement au premier conduit tubulaire et à l'enveloppe du mélangeur comportant une première extrémité axiale à l'intérieur de la chambre cylindrique dans laquelle est engagée une partie d'extrémité du premier conduit tubulaire et une seconde extrémité axiale en aval du troisième élément de raccordement qui débouche dans la chambre de mélangeur en vis-à-vis de la surface externe de la paroi du second conduit tubulaire, de manière que le second fluide introduit dans la chambre de mélangeur par le troisième élément de raccordement circule dans une zone annulaire de la chambre de mélangeur fermée au niveau de la seconde extrémité axiale du second conduit tubulaire, dans la direction axiale et dans un premier sens vers la première extrémité du second conduit tubulaire puis, dans un second sens, à l'intérieur du second conduit tubulaire entre la première et la seconde extrémités axiales du second conduit tubulaire, le premier et le second fluides se mélangeant sous forme de courants coaxiaux circulant dans le même sens dans une zone de mélange à l'intérieur du second conduit tubulaire ;

- le premier et le second conduit tubulaires sont constitués chacun par un ensemble de viroles coaxiales enfilées l'une sur l'autre comportant des parties d'épaisseur réduite de manière à ménager entre elles des espaces

annulaires coaxiaux et traversées par des ouvertures mettant en communication les espaces annulaires coaxiaux avec un milieu extérieur au conduit tubulaire dans la chambre de mélangeur ;

- le second conduit tubulaire comporte une virole interne en saillie à l'une de ses extrémités axiales par rapport à l'ensemble de viroles du second conduit tubulaire destinée à venir s'engager autour du premier conduit tubulaire avec un jeu radial et traversée par des ouvertures de passage de fluide dans un espace annulaire entre la surface externe du premier conduit tubulaire et la surface interne de la virole interne du second conduit tubulaire.

Le dispositif peut être utilisé en particulier pour mélanger un premier fluide constitué principalement par de l'eau supercritique utilisée pour le traitement d'effluents par oxydation en eau supercritique avec un second fluide constitué principalement par de l'eau de refroidissement à une température sensiblement inférieure à la température du second fluide.

Dans ce cas, le premier fluide peut être à une température de l'ordre de 550°C et le second fluide à une température de l'ordre de 20°C.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va décrire à titre d'exemple en se référant aux figures jointes en annexe, plusieurs modes de réalisation d'un dispositif de mélange suivant l'invention utilisé pour le refroidissement d'un fluide à très haute température et à très haute pression provenant d'un réacteur d'oxydation en eau supercritique.

La figure 1, est une vue schématique en coupe axiale d'un mélangeur suivant l'invention et suivant un premier mode de réalisation.

La figure 2 est une vue en coupe axiale schématique d'un mélangeur suivant l'invention et suivant un second mode de réalisation.

La figure 3 est une vue en coupe axiale agrandie d'un premier conduit tubulaire du mélangeur représenté sur la figure 2 pour le guidage du premier fluide, constitué par des viroles enfilées l'une sur l'autre.

Les figures 4A et 4B sont des vues en coupe schématique d'une paroi de conduit tubulaire sur laquelle sont représentées les variations de la température dans la paroi du conduit tubulaire exposée sur ses surfaces externe et interne à des fluides à des températures différentes.

La figure 4A est relative à une paroi pleine.

La figure 4B est relative à une paroi selon l'invention comportant des espaces internes annulaires remplis de fluide.

Sur la figure 1, on a représenté de manière schématique un dispositif de mélange suivant l'invention désigné de manière générale par le repère 1 comportant une enveloppe externe 2 de forme générale cylindrique tubulaire délimitant une chambre de mélangeur cylindrique interne 3, l'enveloppe 2 et la chambre cylindrique 3 ayant pour axe commun l'axe longitudinal 4 du mélangeur.

L'enveloppe 2 comporte, à une première extrémité axiale, un premier élément de raccordement et d'admission 5 qui peut être constitué par une ouverture entourée par une bride permettant le raccordement du mélangeur 1 à un moyen d'alimentation en premier fluide, par exemple un conduit de sortie d'un réacteur 30 d'oxydation d'effluents en eau supercritique constituant le premier fluide dont on réalise le refroidissement par mélange à l'intérieur du mélangeur 1. Dans ce cas, le premier fluide est constitué en grande partie d'eau supercritique à une température voisine de 550°C et à une pression de l'ordre de 25 MPa.

L'enveloppe 2 du mélangeur comporte, à une seconde extrémité axiale opposée à l'extrémité 5, un second élément d'évacuation et de raccordement 6 qui peut être constitué par une ouverture entourée par une bride de raccordement du mélangeur à un conduit d'évacuation du mélange, c'est-à-dire l'eau refroidie, par exemple jusqu'à une température de 300°C. Le conduit d'évacuation relié à l'élément de raccordement 6 peut assurer la jonction entre le mélangeur et un échangeur de chaleur 31 permettant de refroidir le fluide obtenu par mélange à la sortie du mélangeur, jusqu'à des conditions ambiantes.

L'enveloppe 2 comporte de plus un troisième élément de raccordement 7 qui peut être constitué par un piquage et une bride permettant de relier le mélangeur à un moyen d'alimentation en fluide de refroidissement, par exemple à un réservoir et une installation de pompage d'eau de refroidissement permettant d'injecter dans la chambre cylindrique 3 du mélangeur de l'eau à une température de l'ordre de 20°C et à une pression légèrement

supérieure à la pression du premier fluide, c'est-à-dire légèrement supérieure à 25 MPa.

5 A l'intérieur de la chambre cylindrique 3 du mélangeur, dans une disposition coaxiale, est monté un conduit de guidage 8 dont la paroi cylindrique tubulaire comporte un ou plusieurs espaces annulaires internes coaxiaux 9 s'étendant sensiblement sur toute la longueur axiale du conduit de guidage 8 et délimités entre des éléments tubulaires coaxiaux de faible épaisseur.

10 Sur la figure 1, on a représenté, pour simplifier le dessin, un conduit de guidage 8 comportant un seul espace annulaire 9 entre un élément de paroi externe 8a et un élément de paroi interne 8b.

15 L'élément de paroi externe 8a du conduit de guidage 8 est traversé par des ouvertures 10 de petites dimensions (ayant par exemple un diamètre de l'ordre du millimètre) réparties suivant la circonférence du conduit tubulaire dans deux zones disposées au voisinage des extrémités axiales du conduit de guidage. Les ouvertures 10 mettent en communication l'espace annulaire interne 9 de la paroi 8 avec la chambre cylindrique 3 du mélangeur. De cette manière, pendant le fonctionnement du mélangeur, l'espace annulaire interne 9 de la paroi du conduit tubulaire 8 est rempli d'eau à l'état
20 pratiquement stagnant. Comme il sera expliqué plus loin, cet espace annulaire rempli d'eau permet d'assurer une certaine isolation et une limitation du gradient thermique dans la direction radiale à travers la paroi du conduit de guidage 8.

25 Le conduit de guidage 8 est relié, à l'une de ses extrémités axiales, à l'enveloppe du mélangeur, au niveau du premier élément de raccordement 5, de manière que le premier fluide (comme indiqué par la flèche 11) s'écoule dans la direction axiale 4, à l'intérieur du conduit de guidage 8. De préférence, le conduit 8 est fixé sur l'enveloppe 2 du mélangeur, par l'intermédiaire d'une pièce annulaire 12.

30 Le troisième élément de raccordement 7 est disposé le plus loin possible du premier élément de raccordement, de manière à éloigner l'une de l'autre la zone d'introduction du premier fluide à très haute température et la zone d'introduction du second fluide constitué par de l'eau à 20°C environ

dans l'enveloppe 2 du mélangeur. La distance entre le premier et le troisième éléments de raccordement est en fait peu inférieure à la longueur totale de l'enveloppe 2 du mélangeur dans la direction axiale 4 (par exemple un peu moins d'un mètre). Le troisième élément de raccordement 7 est dirigé suivant un axe 13 sensiblement perpendiculaire à l'axe longitudinal 4 du mélangeur, la direction du troisième élément de raccordement suivant laquelle le second fluide est introduit dans la chambre cylindrique 3 (représentée par la flèche 14) étant latérale ou radiale, par rapport à l'enveloppe du mélangeur.

Le troisième élément de raccordement relié à un conduit d'alimentation 32 en eau de refroidissement est de plus disposé de manière à déboucher dans l'enceinte cylindrique 3 en vis-à-vis d'une partie de la surface externe du conduit de guidage 8 qui s'étend dans la direction axiale 4 depuis le premier élément de raccordement 5 jusqu'à une zone 15 de la chambre cylindrique 3 située en aval du troisième élément de raccordement 7 (en considérant la circulation du premier fluide dans la direction axiale, comme représenté par les flèches 11). L'eau de refroidissement qui est introduite dans la chambre cylindrique 3, avec une pression légèrement supérieure à la pression du premier fluide vient en contact avec la surface externe du conduit tubulaire 8 et se répartit suivant la longueur axiale autour de ce conduit 8, à l'intérieur de la chambre cylindrique 3. L'introduction d'eau de refroidissement assure un maintien de l'enveloppe 2 dans la zone du troisième élément de raccordement 7, à une température proche de la température de l'eau de refroidissement. En outre, l'eau de refroidissement s'écoule en direction de la sortie du mélangeur au niveau du second élément de raccordement 6, dans une direction sensiblement axiale, pour rencontrer le flux de premier fluide à haute température circulant à l'intérieur du conduit de guidage 8. A la sortie du conduit de guidage 8, dans la zone 15, l'eau de refroidissement se mélange au premier fluide à très haute température, le mélange refroidi étant récupéré à la sortie du mélangeur, au niveau du deuxième élément de raccordement 6. Le débit d'eau de refroidissement introduit dans l'enveloppe cylindrique est réglé de manière que la température du mélange récupéré à la sortie du mélangeur soit voisine de 300°C.

Lors de la mise en œuvre du mélangeur, le premier élément de raccordement 5 est à la température du premier fluide, par exemple 550°C, alors que le troisième élément de raccordement 7 est à une température de l'ordre de 20°C. Le gradient thermique axial entre le premier et le troisième éléments de raccordement a une valeur élevée dans une zone de l'enveloppe 2 de forme cylindrique intermédiaire entre le premier et le troisième éléments de raccordement. Le gradient thermique axial, élevé dans cette zone de l'enveloppe, n'a pas d'incidence sur la tenue de l'enveloppe, le gradient s'appliquant dans une zone entièrement axisymétrique. En outre, les éléments de raccordement sont à des températures parfaitement homogènes et constantes qui sont la température du premier et du second fluides. De même, le gradient de température entre le second élément de raccordement 6, au niveau de la sortie du mélangeur, et le troisième élément de raccordement se situe dans une zone cylindrique de l'enveloppe du mélangeur, ce qui n'a pas d'incidence sur sa tenue en service.

Le conduit de guidage 8 est en contact, sur sa surface intérieure, avec le premier fluide à haute température et, sur sa surface extérieure, avec le second fluide de refroidissement à l'intérieur de la chambre cylindrique 3.

Le gradient thermique dans la direction radiale, à travers la paroi du conduit de guidage 8, est donc élevé, au moins dans certaines zones de la paroi du conduit de guidage 8. La présence d'au moins un espace annulaire 9 rempli de fluide, c'est-à-dire de l'eau, permet de limiter à des valeurs faibles le gradient à travers les éléments de paroi 8a et 8b du conduit de guidage 8, la couche isolante constituée par l'eau remplissant l'espace 9 absorbant l'essentiel du gradient thermique entre la surface interne du conduit de guidage 8 en contact avec le premier fluide à 550°C et la surface externe en contact avec l'eau de refroidissement à 20°C dans la chambre cylindrique 3.

Sur la figure 2, on a représenté de manière schématique un second mode de réalisation d'un mélangeur suivant l'invention.

Les éléments correspondants sur les figures 1 et 2 sont désignés par les mêmes repères. Les différences essentielles entre le dispositif selon le second mode de réalisation et le premier mode de réalisation sont relatives

à la forme de l'enveloppe 2 du mélangeur 1 et à l'utilisation d'un conduit de guidage en deux parties 18a, 18b constituées chacune par un conduit tubulaire disposé et fixé de manière coaxiale à l'intérieur de l'enveloppe 2 du mélangeur.

5 Le premier conduit tubulaire constituant la première partie 18a du conduit de guidage est fixé à l'intérieur du premier élément de raccordement 5 du mélangeur, par une pièce annulaire 12, de la même manière que le conduit unique 8 du premier mode de réalisation.

10 La paroi du premier conduit tubulaire 18a présente au moins un espace interne annulaire 19a s'étendant substantiellement sur toute sa longueur axiale.

15 La seconde partie 18b du conduit de guidage est constituée par un second conduit tubulaire dont le diamètre intérieur est supérieur au diamètre extérieur du premier conduit tubulaire 18a et dont la paroi comporte au moins un espace annulaire 19b s'étendant substantiellement suivant toute sa longueur. Le second conduit tubulaire 18b est engagé dans la pièce annulaire 12 à sa partie supérieure par l'intermédiaire d'une virole 20 et engagé par sa partie inférieure dans une pièce 16, à l'intérieur du second élément de
20 raccordement 6 du mélangeur disposé suivant son extrémité axiale de sortie. L'extrémité libre du premier conduit tubulaire 18a est engagée sur une certaine longueur dans l'extrémité libre du second conduit tubulaire 18b, les premier et second conduits 18a, 18b ayant pour axe commun l'axe 4 de l'enveloppe du mélangeur.

25 Le conduit de guidage constitué par la première partie de conduit 18a et la seconde partie de conduit 18b s'étend depuis le premier élément de raccordement 5 à une extrémité axiale de l'enveloppe du mélangeur jusqu'à une zone 15 située en aval de l'embranchement du troisième élément de raccordement qui débouche à l'intérieur de la chambre cylindrique 3 du mélangeur, en vis-à-vis de la surface externe du second conduit tubulaire 18b.

30 Lorsqu'on alimente le mélangeur en premier fluide à 550°C à sa première extrémité axiale, le premier fluide à haute température circule (flèche 11) à l'intérieur du premier conduit tubulaire 18a qui débouche à l'intérieur du second conduit tubulaire 18b. L'eau de refroidissement introduite dans le

troisième élément de raccordement 7 à disposition radiale ou latérale (flèche 14), remplit l'espace annulaire de la chambre cylindrique 3 entre le second conduit 18b et la surface interne de l'enveloppe 2 qui est fermée à sa partie inférieure par la pièce d'isolation 16 dans laquelle est engagée la partie inférieure du conduit 18b et circule vers le haut jusqu'à la partie supérieure de la virole 20 traversée par des ouvertures 20'. Le flux d'eau de refroidissement passant à l'intérieur de la virole 20 se retourne pour circuler ensuite vers le bas et pénétrer dans l'espace annulaire entre le premier conduit tubulaire 18a et le second conduit tubulaire 18b. L'eau de refroidissement se mélange au premier fluide à haute température dans la zone de mélange 17 à la sortie du premier conduit tubulaire 18a. Le mélange est récupéré par l'ouverture de sortie du mélangeur au niveau du second élément de raccordement 6.

Dans le second mode de réalisation, la partie de l'enveloppe 2 du mélangeur située entre un épaulement 2a et le second élément de raccordement 6 est sensiblement à la température de l'eau de refroidissement (voisine de 20°C).

Le premier élément de raccordement 5 est à une température voisine de la température du premier fluide (550°C). Le gradient de température maximal dans la direction axiale se situe dans une zone cylindrique 2b de l'enveloppe entre le premier élément de raccordement 5 et l'épaulement 2a. Un fort gradient thermique dans la zone cylindrique axisymétrique 2b de l'enveloppe ne présente pas d'inconvénient pour la tenue de l'enveloppe du mélangeur en service. Les éléments de raccordement 5, 6 et 7 sont à des températures homogènes et les éléments de raccordement 5 et 7 sont éloignés l'un de l'autre par une distance axiale peu inférieure à la longueur totale de l'enveloppe 2 du mélangeur.

En outre, comme précédemment, les gradients thermiques à travers le premier conduit tubulaire 18a et à travers le second conduit tubulaire 18b sont absorbés en grande partie par au moins une couche isolante d'eau stagnante à l'intérieur de l'espace annulaire respectif 19a ou 19b du conduit tubulaire 18a ou 18b.

Il est à noter que le gradient thermique à travers la paroi du premier conduit tubulaire 18a dont la surface intérieure est au contact du premier

fluide à haute température et la surface extérieure au contact d'eau de refroidissement est sensiblement supérieur au gradient thermique à travers la paroi du second conduit tubulaire 18b qui est en contact par sa surface intérieure avec le mélange de fluide à 300°C environ et sur sa surface extérieure avec l'eau de refroidissement à 20°C remplissant la partie annulaire externe de la chambre cylindrique 3 du mélangeur.

Dans le cas du second mode de réalisation, la zone 15 située en aval du troisième élément de raccordement, à la sortie du conduit de guidage, reçoit le mélange de fluide, la zone de mélange 17 étant alors située en amont, à l'intérieur du second conduit de guidage 18b.

Sur la figure 3, on a représenté un conduit tubulaire (par exemple le conduit 18a du dispositif représenté sur la figure 2) comportant trois espaces annulaires d'isolation 19'a, 19"a, 19"'a s'étendant suivant toute la longueur axiale de la partie du conduit 18a soumise à un fort gradient thermique. Les espaces annulaires coaxiaux délimités par des viroles enfilées l'une sur l'autre correspondent à l'espace annulaire unique 19a représenté de manière simplifiée sur la figure 2.

Comme il est visible sur la figure 3, le premier ensemble de viroles constituant le premier conduit tubulaire 18a comporte une virole interne 21 et trois viroles externes 22a, 22b, 22c enfilées l'une sur l'autre et sur la virole interne 21 dans une disposition coaxiale.

Chacune des viroles 21, 22a et 22b comporte une partie s'étendant sur une longueur axiale L dans laquelle la virole présente une épaisseur réduite. Lorsque les viroles sont engagées l'une sur l'autre au montage du premier conduit tubulaire 18a, les espaces annulaires 19'a, 19"a et 19"'a sont ainsi ménagés respectivement entre les viroles 21 et 22a, 22a et 22b et 22b et 22c dans la partie du conduit soumise à un fort gradient thermique. En outre, les viroles externes 22a, 22b et 22c sont traversées suivant toute leur épaisseur par des ouvertures de petit diamètre (par exemple 2 mm) réparties suivant leur circonférence dans deux zones 23 et 23' aux extrémités de la zone de longueur L dans laquelle les viroles 21, 22a et 22b ont une épaisseur réduite, c'est-à-dire aux extrémités axiales des espaces annulaires 19'a, 19"a et 19"'a. Lors du montage du conduit tubulaire 18a sur le dis-

positif représenté sur la figure 2, les viroles 21, 22a, 22b, 22c qui comportent à leurs extrémités supérieures enfilées l'une sur l'autre une partie élargie diamétralement viennent reposer dans une gorge annulaire de la manchette 12, les parties de longueur L des viroles entre lesquelles sont ménagés les espaces annulaires 19'a, 19"a et 19"'a venant s'engager à l'intérieur de la virole interne 20 du second conduit tubulaire 18b. Les ouvertures disposées suivant les zones 23 et 23' des viroles mettent en communication les espaces annulaires 19'a, 19"a et 19"'a avec une zone annulaire de la chambre du mélangeur à l'intérieur de la virole 20 du second conduit tubulaire 18b recevant l'eau de refroidissement par l'intermédiaire des ouvertures 20'. Les espaces annulaires 19'a, 19"a et 19"'a sont remplis d'eau pratiquement stagnante pénétrant dans les espaces annulaires par les ouvertures des zones 23 et 23'. La virole interne 21 isole totalement la partie interne du premier conduit tubulaire 18a recevant le premier fluide à haute température des espaces annulaires 19'a, 19"a et 19"'a et de la zone de réception de l'eau de refroidissement à l'extérieur du premier conduit tubulaire 18.

Le second conduit 18b est analogue au premier conduit 18a et constitué par des viroles enfilées l'une sur l'autre ; les viroles du second conduit 18b présentent une partie d'épaisseur réduite, en substance suivant toute leur longueur qui est soumise à un fort gradient thermique et la virole interne 20 est prolongée à l'extrémité supérieure du conduit 18b et présente des ouvertures traversantes 20'.

Comme il est visible sur les figures 4A et 4B, dans le cas d'une paroi homogène 18 en un matériau quelconque soumise, sur une première face, à une première température et, sur une seconde face, à une seconde température inférieure à la première, le gradient thermique peut être représenté par la pente d'une droite 26 qui peut être très forte dans le cas d'une très grande différence de température entre les deux faces de la paroi 18. Dans le cas de gradients thermiques très élevés, aucun matériau massif (tels que métaux ou réfractaires) ne peut être utilisé sans subir des dégradations.

Sur la figure 4B, on a représenté un élément de paroi 18' constitué par un premier élément de paroi 18'a, un second élément de paroi 18'b et un troisième élément de paroi 18'c disposés parallèlement les uns aux autres

en ménageant un premier espace 19'ab entre les éléments 18'a et 18'b et un second espace 19'bc entre les éléments 18'b et 18'c; les espaces 19'ab et 19'bc étant remplis par un matériau isolant. Dans ce cas, le gradient thermique est représenté par les pentes d'une ligne brisée 26' dont les parties droites à l'intérieur des éléments de paroi massifs 18'a, 18'b, 18'c ont une faible pente et les parties droites à l'intérieur des espaces remplis de matériau isolant, une forte pente. Dans ce cas, on réduit fortement les gradients thermiques à l'intérieur des éléments de paroi 18'a, 18'b et 18'c de la paroi composite 18'.

Dans le cas d'éléments cylindriques tubulaires, la paroi 18 et les éléments de paroi 18'a, 18'b et 18'c ont la forme d'enveloppes tubulaires coaxiales. Ces parois cylindriques tubulaires, lorsqu'elles sont soumises à un gradient thermique radial important présentent des contraintes radiales et circonférentielles qui peuvent excéder la limite de rupture de l'enveloppe et conduire à la dégradation de la paroi du composant. Ces contraintes sont fonctions du gradient de température, des caractéristiques du matériau (module d'élasticité, coefficient de Poisson et coefficient de dilatation) et des dimensions du tube (rayon et épaisseur). Dans le cas de très forts gradients thermiques, aucun matériau massif ne peut être utilisé sans subir des dégradations. Une enveloppe tubulaire telle que l'enveloppe 18 ne peut donc être utilisée dans le cas de forts gradients thermiques.

Dans le cas d'une enveloppe composite telle que représentée sur la figure 4B, les éléments de paroi 18'a, 18'b, 18'c qui ne sont soumis qu'à des gradients thermiques faibles peuvent être conçus pour résister à ces gradients thermiques mais les couches d'isolant dans les espaces 19'ab et 19'bc peuvent être soumises à des gradients thermiques très forts, de sorte qu'il peut être difficile de trouver des matériaux isolants résistants aux contraintes dues à ces gradients thermiques.

Lorsque les deux côtés de la paroi sont en contact avec des fluides à des températures différentes, on peut assurer le remplissage en fluide des espaces d'isolation 19'ab et 19'bc de la paroi 18' par le fluide à plus basse température, en prévoyant des ouvertures traversant les éléments de paroi 18'b et 18'c par exemple. On utilise alors l'un des fluides mis en œuvre dans

le procédé en tant qu'isolant thermique, en créant une lame fluide entre deux éléments de paroi. Pour obtenir une lame fluide de caractéristiques satisfaisantes, on définit les épaisseurs critiques des espaces 19'ab et 19'bc en-dessous desquelles aucune convection naturelle ne peut se produire dans le fluide du procédé remplissant les espaces 19'ab et 19'bc. Seule la conductivité thermique du fluide intervient alors. Selon la valeur du gradient thermique global mis en œuvre dans le cadre du procédé et du nombre de couches isolantes (par exemple deux ou trois couches isolantes, comme dans le cas du mode de réalisation décrit plus haut), les épaisseurs peuvent être très faibles, par exemple inférieures au millimètre.

De telles parois telles que représentées sur la figure 4B peuvent être utilisées comme parois séparant des fluides à des températures très différentes et en particulier comme parois des conduits de guidage d'un mélangeur suivant l'invention.

L'invention est donc relative à un dispositif de mélange permettant de réaliser de manière efficace le mélange de fluides à des températures très différentes tout en évitant des effets de gradients thermiques importants dans les parois de séparation du mélangeur.

L'invention ne se limite pas au mode de réalisation qui a été décrit.

C'est ainsi que le mélangeur suivant l'invention peut comporter une enveloppe de forme différente de celles qui ont été décrites et un ou plusieurs conduits de guidage internes à l'enveloppe du mélangeur permettant d'assurer la circulation entre les courants de fluide à des températures différentes.

Dans le cas du refroidissement d'un fluide résiduel d'une opération de traitement par oxydation d'effluents dans de l'eau à l'état supercritique, le fluide résiduel peut être à la fois refroidi et neutralisé, par exemple par injection d'eau de refroidissement contenant de la soude.

L'invention peut s'appliquer au refroidissement de fluides différents de fluides résiduels d'une opération d'oxydation d'effluents en eau supercritique.

L'invention peut également s'appliquer dans le cas de mélanges de fluides à des températures très différentes dans de nombreuses industries et

en particulier dans l'industrie chimique. L'invention peut avoir des applications également dans les installations de production d'énergie.

REVENDICATIONS

1.- Dispositif de mélange d'un premier fluide à une première température et d'un second fluide à une seconde température sous la forme de courants coaxiaux ayant un même sens de circulation, comportant une enveloppe tubulaire (2) généralement cylindrique et ayant un axe (4) sensiblement rectiligne, délimitant une chambre de mélangeur cylindrique (3) coaxiale à l'enveloppe (2) comprenant, à une première extrémité axiale, un premier élément de raccordement (5) à des moyens d'alimentation en premier fluide et, à une seconde extrémité axiale opposée à la première, un second élément de raccordement (6) à des moyens d'évacuation du mélange du premier et du second fluides et au moins un conduit de guidage (8, 18) de l'un au moins du premier et du second fluides, sensiblement rectiligne et disposé dans la chambre de mélangeur (3) dans une disposition coaxiale, caractérisé par le fait qu'il comporte un troisième élément de raccordement (7) de la chambre de mélangeur (3) à des moyens d'alimentation en second fluide, dans une disposition intermédiaire dans la direction axiale entre le premier et le second éléments de raccordement (5, 6) et dans une direction transversale sensiblement perpendiculaire à la direction axiale et que le conduit de guidage (8, 18a, 18b) s'étend axialement dans la chambre de mélangeur (3) entre le premier élément de raccordement (5) et une zone (15) de la chambre de mélangeur (3) en aval du troisième élément de raccordement (7) dans le sens allant du premier vers le second élément de raccordement et comporte une paroi tubulaire ayant au moins un espace annulaire interne d'isolation (9, 19a, 19b, 19c, 19'a, 19'b, 19'c) coaxial en communication avec une zone de la chambre de mélangeur (3), s'étendant substantiellement sur toute la longueur du conduit de guidage (8, 18a, 18b), le troisième élément de raccordement (7) débouchant dans la chambre de mélangeur (3) en vis-à-vis d'une surface externe de la paroi du conduit de guidage (8, 18a, 18b).

2.- Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que le conduit de guidage comporte un premier conduit tubulaire (18a) s'étendant axialement dans la chambre de mélangeur (3) depuis le premier élément de raccordement (5) à une extrémité axiale de la chambre de mélangeur (3) et

un second conduit tubulaire (18b) ayant un diamètre intérieur supérieur au diamètre extérieur du premier conduit tubulaire (18a) disposé coaxialement au premier conduit tubulaire (18a) et à l'enveloppe (2) du mélangeur comportant une première extrémité axiale à l'intérieur de la chambre cylindrique dans laquelle est engagée une partie d'extrémité du premier conduit tubulaire (18a) et une seconde extrémité axiale en aval du troisième élément de raccordement (7) qui débouche dans la chambre de mélangeur (3) en vis-à-vis de la surface externe de la paroi du second conduit tubulaire (18b), de manière que le second fluide introduit dans la chambre de mélangeur (3) par le troisième élément de raccordement circule dans une zone annulaire de la chambre de mélangeur (3) fermée au niveau de la seconde extrémité axiale du second conduit tubulaire, dans la direction axiale et dans un premier sens vers la première extrémité du second conduit tubulaire (19b) puis, dans un second sens, à l'intérieur du second conduit tubulaire (19b) entre la première et la seconde extrémités axiales du second conduit tubulaire, le premier et le second fluides se mélangeant sous forme de courants coaxiaux circulant dans le même sens dans une zone de mélange (17) à l'intérieur du second conduit tubulaire (19b).

3.- Dispositif suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que le premier et le second conduit tubulaires (18a, 18b) sont constitués chacun par un ensemble de viroles coaxiales enfilées l'une sur l'autre comportant des parties d'épaisseur réduite de manière à ménager entre elles des espaces annulaires coaxiaux (19'a, 19''a, 19'''a) et traversées par des ouvertures mettant en communication les espaces annulaires coaxiaux (19a, 19b, 19'a, 19''a, 19'''a, 19'ab, 19'b0c) avec un milieu extérieur au conduit tubulaire (18a, 18b) dans la chambre de mélangeur (3).

4.- Dispositif suivant la revendication 3, caractérisé par le fait que le second conduit tubulaire (18b) comporte une virole interne (20) en saillie à l'une de ses extrémités axiales par rapport à l'ensemble de viroles du second conduit tubulaire (18b) destinée à venir s'engager autour du premier conduit tubulaire (18a) avec un jeu radial et traversée par des ouvertures (20') de passage de fluide dans un espace annulaire entre la surface externe

du premier conduit tubulaire (18a) et la surface interne de la virole interne (20) du second conduit tubulaire (18b).

- 5 5.- Utilisation d'un dispositif de mélange suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, pour mélanger un premier fluide constitué principalement par de l'eau supercritique utilisée pour le traitement d'effluents par oxydation en eau supercritique avec un second fluide constitué principalement par de l'eau de refroidissement à une température sensiblement inférieure à la température du second fluide.

- 10 6.- Utilisation suivant la revendication 5, caractérisée par le fait que le premier fluide est à une température de l'ordre de 550°C et le second fluide à une température de l'ordre de 20°C.

BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/001439

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B01F3/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B01F F28D F28F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 101 63 724 A (STOLCO STOLTENBERG LERCHE GMBH) 3 July 2003 (2003-07-03) the whole document	1-6
A	DE 102 29 429 A (GEN MOTORS CORP N D GES D STAA) 6 February 2003 (2003-02-06) the whole document	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 November 2004

Date of mailing of the international search report

03/12/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Muller, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/001439

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
DE 10163724	A	03-07-2003	DE	10163724 A1	03-07-2003
DE 10229429	A	06-02-2003	US	2003007419 A1	09-01-2003
			DE	10229429 A1	06-02-2003
			JP	2003106795 A	09-04-2003

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 B01F3/08

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 B01F F28D F28F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	DE 101 63 724 A (STOLCO STOLTENBERG LERCHE GMBH) 3 juillet 2003 (2003-07-03) le document en entier	1-6
A	DE 102 29 429 A (GEN MOTORS CORP N D GES D STAA) 6 février 2003 (2003-02-06) le document en entier	1-6

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

24 novembre 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

03/12/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Muller, G

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/001439

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 10163724	A	03-07-2003	DE 10163724 A1	03-07-2003
DE 10229429	A	06-02-2003	US 2003007419 A1	09-01-2003
			DE 10229429 A1	06-02-2003
			JP 2003106795 A	09-04-2003